

УДК 593.3.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ШАГОВОГО НЕЙРОПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ХОДЕ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕДЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С КАРКАСОМ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ И НАСТИЛОМ ИЗ ДОСОК ПРИ ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКЕ**

**Максимова О.М., к.т.н., доцент**

*Сибирский федеральный университет*

Строительные конструкции можно отнести к так называемым сложным системам. В понятие сложности включаются структурная сложность, сложность функционирования, развития и т.д. Для продления сроков их эксплуатации необходимо оценивать и прогнозировать их фактическое техническое состояние. Создание и разработка наиболее эффективных, достаточно простых и доступных методов прогноза работы конструкций представляет практический интерес для инженеров-проектировщиков, в качестве вспомогательной процедуры при проектировании и исследовании, требующих большого объема вычислений и дорогостоящих натурных испытаний и экспериментов.

В качестве одного из примеров эффективности применения предложенного метода нейропрогнозирования используем данные численных исследований поведения во времени при постоянной нагрузке цилиндрической оболочки с каркасом из клееной древесины и настилом из досок. Конструкция представляет собой сборную пологую цилиндрическую оболочку покрытия размерами в плане 12х18м (рис.1), стрела подъема 2,25м, состоит из каркаса в виде клееных деревянных элементов и дощатого настила, закрепленного к каркасу гвоздями.

Был выполнен нелинейный расчет на ЭВМ описанной оболочки и настила из досок. Исследовалось изменение напряженно-деформированного состояния оболочки под постоянной нагрузкой в зависимости от длительности ее действия.

Расчеты на ЭВМ выполнены методом конечных элементов с использованием программного комплекса MicroFe. Расчетная модель содержит оболочечные КЭ, моделирующие поле оболочки, и стержневые КЭ, моделирующие бортовые элементы, диафрагмы, продольные (распорки) и поперечные (арочные) ребра жесткости, затяжки и металлические полосы. Учтены эксцентриситеты продольных осей балочных элементов конструкции относительно срединной поверхности оболочки. Граничные условия модели – шарнирное опирание по углам.

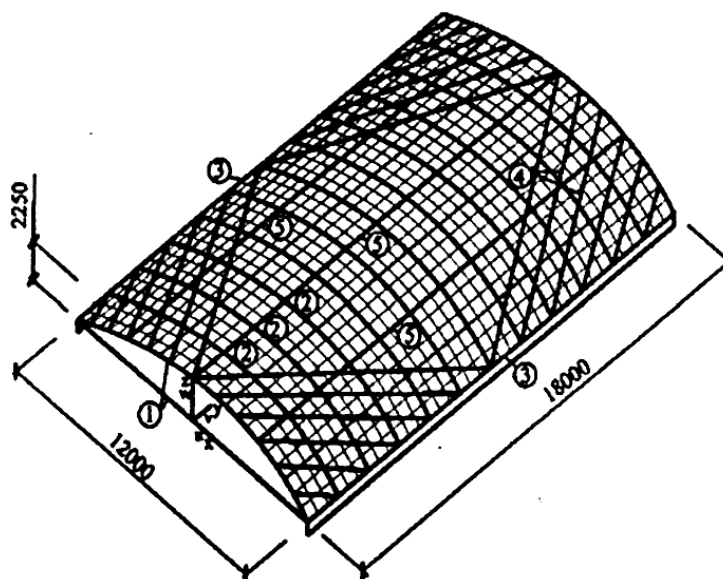


Рис. 1. Схема исследуемой цилиндрической оболочки.

Условный срок службы конструкции был принят равным 50 годам. Он разбит на 7 промежутков времени по 2607 суток. В конце каждого интервала времени определялось НДС, по теории В.М. Бондаренко уточнялся интегральный модуль деформации в основных элементах. Результаты расчетов приведены в таблице.

Как показало использование в данной задаче нейросетевой технологии прогнозирования при проведении сложных нелинейных расчетов данной оболочки, можно было ограничиться 3-мя корректировками модулей деформаций. Остальные четыре корректировки – осуществить с помощью нейропрогноза. Для выполнения нейросетевого прогноза использовался нейроимитатор Statistica.

Было осуществлено два вида нейропрогнозирования – традиционная нейроэкстраполяция и шаговый нейропрогноз с доучиванием и совершенствованием (коррекцией) нейромодели на каждом этапе прогноза. Нейроимитатору для обучения сети были предъявлены четыре группы примеров: начальный этап и три последующих этапа корректировки модулей деформации. В качестве входных данных были выбраны пять, являющиеся наиболее показательными (модули  $E$  для разных частей системы). Выходные параметры (всего 16) – данные нелинейного расчета (НДС) для всех областей исследуемой конструкции.

Для прогноза был осуществлен выбор наиболее эффективной нейронной сети. Ею стала сеть RBF (с радиально-базисной функцией нейрона) с 6 нейронами на скрытом слое. Доучивание сети на каждом шаге проводилось с помощью методов Back Propagation, Quick Propagation и Quasi-Newton. Точность шагового нейропрогноза существенно выше, чем традиционного. Даже на самом позднем этапе (50 лет) погрешность шагового прогноза не превышает 3,8% в сравнении с 11,07% при традиционном.